مجله به‌نژادی نهال و بذر
جلد ۱-۳۲، شماره ۴ سال ۱۳۹۵

ارزیابی صفات مربوط به عملکرد در هیبریدهای مولتی ژرم چغندرقند مقاوم به ریزومانیا

Evaluation of Yield Related Traits in Sugar Beet Multigerm Hybrids Resistant to Rhizomania Disease

سعید واحدی[۱]، حسنعلی شهبازی[۱]، محسن بذرافشان[۲]، حمید نوشاد[۱]
و پرویز فصاحت[۳]

۱ و ۳- به ترتیب مربی و استادیار، مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندرقند، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

۲- استادیار، بخش تحقیقات چغندرقند، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، زرقان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۲/۲۳ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۹/۲۵

چکیده

واحدی، س.، شهبازی، ح.، بذرافشان، م.، نوشاد، ح. و فصاحت، پ. ۱۳۹۵. ارزیابی صفات مربوط به عملکرد در هیبریدهای مولتی ژرم چغندرقند مقاوم به ریزومانیا. **مجله به‌نژادی نهال و بذر ۱-۳۲:** ۵۶۲-۵۴۹.

بیماری ویروسی ریزومانیا یکی از مخرب‌ترین بیماری‌های چغندرقند در اکثر مناطق چغندرکاری دنیا محسوب می‌شود. با توجه به گستردگی این بیماری در برخی از استان‌های کشور، شناسایی هیبریدهای متحمل جدید و استفاده از آن‌ها به صورت تجاری امری ضروری است. در این تحقیق، از پنج گرده‌افشان حامل ژن Rz_1 به عنوان والد پدری و سه سینگل‌کراس 276-3.27 × SB36، 276-37.34 × SB36 و I13 × A37.1 به عنوان پایه مادری برای تهیه هیبرید استفاده، هیبریدهای در سال ۱۳۸۹ تولید و در مزرعه آلوده به بیماری ریزومانیادر ایستگاه زرقان فارس ارزیابی مشاهده‌ای شدند. در سال‌های ۱۳۹۰ و ۱۳۹۱ پانزده هیبرید منتخب به همراه شاهدهای مقاوم و حساس به ریزومانیا در یک آزمایش در دو منطقه خراسان رضوی و کرج ارزیابی شدند. با توجه به نتایج تجزیه مرکب داده‌های دو منطقه مشهد و کرج در دو سال آزمایش مشخص شد که از نظر صفات عملکردی، هیبریدهای (I13 × A37.1) × S1-88239، (276-3.27 × SB36) × S1-88239 و (276-37.34 × SB36) × S1-88239 در مقایسه با شاهد مقاوم و هیبریدهای دیگر برتر بودند. بر اساس نتایج این تحقیق، همچنین میتوان والد S1-88239 را به عنوان گرده‌افشان مناسب برای تهیه رقم مقاوم به ریزومانیا توصیه کرد.

واژه‌های کلیدی: چغندرقند، ریزومانیا، ارزیابی مقاومت، هیبریدهای مقاوم، عملکرد.

نویسنده مسئول: sdvahedi@yahoo.com تلفن: ۰۲۶۳۲۷۰۲۶۱۳

مقدمه

بیماری ویروسی ریزومانیا یکی از مخرب‌ترین بیماری‌های چغندرقند محسوب می‌شود (Draycott, 2006) . این بیماری اولین بار در سال ۱۹۵۹ از ایتالیا گزارش (Canova, 1959) و سپس در بسیاری از نقاط دنیا از جمله فرانسه (۱۹۷۲)، ژاپن (۱۹۷۳)، آمریکا (۱۹۸۳) و ایران (۱۹۹۶) گزارش شد (Johnson, 1991). در سال ۱۹۷۳، ویروس عامل بیماری (*Beet necrotic yellow vein virus*, BNYVV) در ژاپن شناسایی و نامگذاری (Tamada and Baba, 1973) و وجود آن در اکثر کشورهای دنیا مشخص شد (Putz *et al*., 1990). وقوع این بیماری از نظر اقتصادی اهمیت زیادی دارد، چرا که موجب کاهش شدید عملکرد قند در هکتار می‌شود (Putz *et al*., 1990) و خسارت آن در ارقام حساس معمولاً بیش از ۸۰ درصد است که در مواردی به صد درصد نیز می‌رسد (Asher, 1993). همان‌گونه که از نیم قرن پیش تاکنون گزارش شده، بیماری ریزومانیا در مناطق کشت چغندرقند در حال گسترش است. برای انتقال بیماری وجود یک انگل اجباری حامل لازم است. بیماری برای سال‌های متمادی در خاک باقی می‌ماند و از این رو به صورت یک تهدید اساسی برای چغندر درآمده است. در گذشته برای کنترل بیماری از گاز متیل برومایـد استفاده می‌شد ولی از سال ۱۹۸۷ بر اساس معاهده مونترال، استفاده از آن ممنوع شد (Anonymous, 1987).

با توجه به این که کاربرد برخی از روش‌های زراعی (از جمله تاریخ کاشت، روش آبیاری و تناوب زراعی)، روش‌های شیمیایی و بیولوژیکی در مبارزه با بیماری چندان سودمند نیستند، استفاده از ارقام مقاوم بهترین راه مبارزه مؤثر با بیماری محسوب می‌شود (Harveson and Rush, 2002؛ Biancardi *et al*., 2002). به همین دلیل تاکنون تحقیقات وسیعی برای دستیابی به ارقام مقاوم علیه بیماری انجام شده است. در ایران با توجه به اهمیت بیماری ریزومانیا و اهمیت تولید ارقام مقاوم به ریزومانیا، ابتدا در مطالعه‌ای موضوع ژنتیک مقاومت به ریزومانیا مورد بررسی قرار گرفت. در این مطالعه، دو منبع مقاوم به ریزومانیا، یکی با نام Holly-1-4 از زیر گونه *Beta vulgaris* و واجد یک ژن مقاوم (Rz_1) و دیگری با نام WB42 از زیر گونه *B. vulgaris* sub sp. *maritima* و با ژنتیک نامشخص با رگه‌های حساس به ریزومانیا تلاقی داده شدند و نسل F_1 تهیه شد. سپس گیاهان F_1 مقاوم برای تهیه جمعیت‌های F_2 و BC_1 استفاده شدند. جمعیت‌های در حال تفکیک حاصل از دو منبع مقاوم در شرایط گلخانه برای مقاومت به ریزومانیا بررسی شده و با استفاده از روش DAS-ELISA (Clark and Adams, 1977) غلظت ویروس در گیاهچه‌ها تعیین شد. در

نهایـــــــت، امیـــــــری و همکـــــــاران (Amiri *et al*., 2003) نشان دادند که مقاومت بـه ریزومانیـا در Holly-1-4 تنهـا بـا یـک ژن غالب کنتـرل مـی‌شـود. بـه منظـور کنتـرل مـوثر بیماری، ارقام متحمـل بایـد از افـزایش معنـی‌دار زادمایـه بیمـاری (ویـروس عامـل بیمـاری) در خـاک جلـوگیری کـرده و مقاومـت آن‌هـا نیـز پایدار باشد. از آن‌جا که برخی از منابع مقاومـت موجود علیه بیماری در حال شکسته شدن هستند (Rush *et al*., 2006 ؛Liu *et al*., 2005)، لذا تلفیق چنـد منبـع مقاومـت بـرای تولیـد رقـم مقـــاوم ضـــروری اســـت. ســـطح مقاومـــت ژرم‌پلاسم‌ها (ژنوتیپ‌هـا) نیـز بسـتگی بـه مقـدار ویـروس در ریشـه آن‌هـا دارد و بـر ایـن اسـاس ژرم‌پلاسـم‌هـای متحمـل بـه بیمـاری شناسـایی و گـزینش مـی‌شـوند (Asher and Kerr, 1996؛ Tuitert *et al*., 1994).

برای انتخاب ژنوتیپ‌های مقاوم، ارزیـابی‌هـا بـه دو صـورت در شـرایط مزرعـه بـا آلـودگی طبیعی و یا در گلخانه انجام می‌شود. معمـولاً در شرایط مزرعه، ریشه‌های مقاوم بـه ریزومانیـا بـر اساس نبودن علائم معمول ریزومانیا روی ریشه، اندازه بـزرگ تـر ریشـه و توسـعه بیشـتر سیسـتم برگی انتخاب می‌شـوند. محققـین آمریکـایی در آزمایش‌های مزرعه‌ای با مطالعه ارقام بـا سـطوح مقاومت مختلف به ریزومانیا، بین مقادیر جـذب الایزا، با مقیـاس نـه‌گانـه ظـاهری امتیـازدهی بـه ریشـه و وزن ریشـه ارتبـاط معنـی‌داری مشـاهده کردند (Wisler *et al*., 1999). نتایج مطالعـات آن‌ها نشان داد که سیستم ارزیابی مزرعـه‌ای کـه توسط شرکت‌های آمریکایی مورد استفاده قـرار می گیرد، مشابه آزمون پرهزینه الایـزا، سـودمند است. بنابراین، آن‌ها نتیجه‌گیری کردنـد کـه در صورت فقدان سایر عوامل بیماری‌زا، به‌نژادگران با اطمینان بالا می‌توانند واکنش ژرم‌پلاسـم‌هـا را به ریزومانیا بـا اسـتفاده از امتیـازدهی (۱ تـا ۹) و وزن کردن مواد اصلاحی کشت شده در مزرعـه اندازه‌گیری کننـد. آن‌هـا همچنـین خـاطر نشـان کردنـد کـه مقـادیر غلظـت ویـروس در انتهـای فصل رشد منعکس کننده واکـنش رقـم نیسـت. رادیووجویـــــــــک و همکـــــــاران (Radivojevic *et al*., 2006) در پژوهشـی در صربستان و مونته نگرو، ۲۱ ژنوتیپ متحمـل بـه بیماری ریزومانیا را در دو مزرعه آلوده و عاری از آلودگی به ریزومانیا مورد بررسی قرار داده و اعلام کردند که در مزرعه آلوده بـه ریزومانیـا، رقـم Concerto (بـا ۸۵/۷۸ تـن در هکتـار) در مقایسه با رقم شاهد (۱۲ تن در هکتار) بیشـترین عملکـرد ریشـه را دارا بـود. همـین طـور رقـم Ivona (با ۱۵/۳۶ درصد) در مقایسه با رقم شاهد (۱۰/۹۲ درصـد) از بیشـترین درصـد عیارقنـد برخوردار بوده و رقم Remos بـا ۹/۲۰۵ تـن در مقایسه با رقم شاهد (۰/۸۴۲ تن) بیشترین درصد قند قابل استحصال را دارا بود.

کشت چغندرقند در قطعات کوچک با نظـام خرده مالکی، بخش قابل تـوجهی از کـل سـطح زیرکشـت ایـن محصـول را در سراسـر کشـور تشکیل می‌دهد (تا ۷۰ درصـد سـطح زیرکشـت

چغندرقند در بعضی از استان‌ها مانند کرمان) و مشکلات بسیار زیادی نیز بر سر راه تولید محصول در این اراضی وجود دارد. شاید بتوان گفت که تنها بهره‌ای که کشاورزان خرده مالک از آن می‌برند استفاده از بذر ارقام اصلاح شده (ارقام مولتی‌ژرم) بوده است. لذا به نظر می‌رسد اصلاح ارقام مولتی‌ژرم از الویت‌های مهم تولید باشد (برنامه راهبردی چغندرقند). هدف از این تحقیق، شناسایی پایه‌های پدری و مادری مناسب و مقاوم به ریزومانیا در چغندرقند و در نهایت معرفی هیبرید(های) مولتی‌ژرم مقاوم به ریزومانیا با پتانسیل بالای عملکرد قند بود.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق از بیست لاین S1 حامل ژن Rz_1 که در تحقیقات قبلی تهیه شده بودند به عنوان والد پدری استفاده شد. پایه‌های مادری مورد استفاده در این تحقیق، دو سینگل‌کراس SB36 × 276-3.27 و SB36 × 276-37.34 حاصل از تلاقی نتاج پایه نرعقیم 276 با اوتایپ SB36 بودند. اوتایپ SB36 نسبت به بیماری ریزومانیا مقاوم بود بنابراین سینگل‌کراس‌های فوق‌الذکر حامل ژن Rz_1 بودند (Nourouzi *et al.*, 2010). علاوه بر این دو سینگل‌کراس، از سینگل‌کراس مولتی‌ژرم I13 × A37.1 که پایه مادری اکثر ارقام مولتی ژرم و حساس به بیماری در موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندر قند محسوب شده و از ترکیب پذیری بالایی برخوردار است نیز استفاده شد.

در فروردین سال ۱۳۸۹، ریشه‌چه بیست گرده‌افشان به همراه سه سینگل‌کراس مولتی‌ژرم برای تهیه هیبرید کشت و در ایزوله‌های اصلاحی تلاقی و تکثیر شد. هر ایزوله اصلاحی با مساحت ۶۰ مترمربع به تلاقی یک پایه پدری با یک پایه مادری اختصاص یافت. مابین هر ایزوله با چادر مخصوص حصار شد تا از انتقال گرده جلوگیری به عمل آید. در طول فصل داشت، کنترل نرعقیمی و عملیات زراعی در پایه‌های مادری در موقع مقرر انجام و در مرداد ماه اقدام به برداشت بذر شد. بذرهای هیبرید به دست آمده بوجاری، فراوری و استانداردسازی شدند. همزمان با تهیه هیبریدها، در قالب پروژه دیگری بیست گرده‌افشان موردنظر در خزانه الوده به بیماری ریزومانیا ارزیابی مقاومت شدند. براساس نتایج، پنج گرده‌افشان مقاوم شناسایی شدند که هیبریدهای حاصل در این مطالعه مورد ارزیابی قرار گرفتند. در سال ۱۳۹۰، هیبریدهای تولیدی به همراه شاهد های مقاوم و حساس و پایه‌های پدری در سه آزمایش بیست رقمی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در خزانه بیماری ریزومانیای استان خراسان رضوی و زمین غیرآلوده (نرمال) در کرج در خطوطی به طول ۸ متر (هر تیمار ۳ خط) و با فاصله ۵۰ سانتی‌متری کشت و مورد ارزیابی محصولی قرار گرفتند. بعد از کاشت، کلیه عملیات داشت اعم از آبیاری، وجین، تنک، مبارزه با آفات و بیماری‌ها و علف‌های هرز و غیره به طور معمول

در منطقه انجام شد. در طول فصل رشد، تیمارها از نظر وضعیت رشد، سبزی برگ‌ها و یکنواختی نمره‌دهی شدند. در پایان فصل رشد نیز تعداد ریشه کلیه کرت‌ها مجدداً یادداشت و بر اساس مقیاس ۹-۱ (Luterbacher *et al*., 2005) نمره‌دهی و نمونه‌برداری لازم جهت تعیین خصوصیات کمی و کیفی انجام شد (جدول ۱).

جدول ۱- نمره‌دهی برای ارزیابی آلودگی گیاه چغندرقند به بیماری ریزومانیا در مزرعه آلوده بر اساس مقیاس ۱ تا ۹ (Luterbacher *et al*., 2005)

Table 1. Scoring of sugar beet plant for infection to rhizomania disease based on 1-9 scale in infected field (Luterbacher *et al*., 2005)

Disease status	وضعیت آلودگی	نمره بیماری Disease score
Healthy roots	گیاهان با ریشه های سالم	1
A few secondary roots around taproot with small discoloration	ریشه های با ریشه ریشی محدود و قدری تغییر رنگ یافته	3
Few discolored hairy secondary roots around taproot	ریشه های با ریشه ریشی متوسط و تغییر رنگ یافته	5
A mass of hairy secondary roots around taproot	ریشه های با ریشه ریشی شدید، نکروزه و به شدت تغییر رنگ یافته	7
Dead plants, taproot necrosis	گیاهان مرده، ریشه های نکروزه و پوسیده	9

نمرات زوج به بوته هایی که حد وسط نمرات فرد را دارند، داده می شود.

Even numbers are given to roots ranking among odd numbers.

در پایان فصل آزمایش، ریشه‌ها برداشت و صفات عملکرد ریشه درهکتار، عملکرد شکر سفید درهکتار و عیارقند اندازه‌گیری شد. در سال ۱۳۹۱ نیز آزمایش‌ها به همراه تمامی مراحل در هر سه منطقه تکرار شد. نتایج به دست آمده با استفاده از برنامه‌های آماری SAS و SPSS با فرض‌های اساسی تجزیه واریانس (یکنواختی واریانس‌های درون تیماری و نرمال بودن توزیع داده‌ها یا خطاها در سطح احتمال آماری یک درصد) محاسبه و مورد تحلیل قرار گرفت. برای دسته‌بندی ژنوتیپ‌ها به روش تجزیه خوشه‌ای از نرم‌افزار SPSS استفاده شد. در این تجزیه، ژنوتیپ‌های مورد مطالعه بر اساس ماتریس تشابه داده‌های حاصل از اندازه‌گیری صفات مورد بررسی و با استفاده از روش UPGMA در گروه‌های مختلفی جای گرفتند.

نتایج و بحث

با توجه به این که این مطالعه در دو سال و در دو منطقه اجرا شده بود لذا ضمن تجزیه جداگانه آزمایش‌ها، اقدام به انجام آزمون یکنواختی واریانس‌ها از طریق آزمون بارتلت شد. نتیجه این آزمون نشان داد واریانس خطاهای آزمایشی برای اغلب صفت‌های مربوط به عملکرد کمی و کیفی یکنواخت هستند. نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که اثر رقم برای صفات عملکرد ریشه، عیار قند و عملکرد شکر سفید در سطح احتمال یک درصد

معنی‌دار شد که بیانگر اختلاف ژنتیکی ارقام و هیبریدهای مورد مقایسه در آزمایش بود. به‌عبارت دیگر، هیبریدهای موردآزمایش از نظر توان تولید محصول با یک دیگر اختلاف داشتند. اثر متقابل سال × رقم برای صفت عملکرد شکر و عیار قند در سطح یک درصد معنی‌دار شد و برای صفت عملکرد ریشه معنی‌دار نشد (جدول ۲).

جدول ۲- تجزیه واریانس مرکب صفات کمی و کیفی هیبریدهای چغندر قند در دو منطقه کرج و مشهد در سال‌های ۱۳۹۰ و ۱۳۹۱

Table 2. Combined analysis of variance for different quantitative and qualitative traits of sugar beet hybrids in Karaj and Mashhad in 2011 and 2012

			MS میانگین مربعات		
S.O.V.	منابع تغییرات	درجه آزادی df.	عملکرد ریشه Root yield	عیار قند Sugar content	عملکرد شکر سفید White sugar yield
Year (Y)	سال	1	9552.82**	514.35**	172.22**
Location (L)	مکان	1	119068.68**	238.05**	510.75 **
Y × L	سال × مکان	1	55291.42	1081.92	13.36
Rep (year × location)	تکرار (سال × مکان)	12	214.66	6.52	8.55
Genotype (G)	ژنوتیپ	19	963.83**	6.64**	21.57**
G × L	ژنوتیپ × مکان	19	708.68**	2.055ns	12.97**
G × Y	ژنوتیپ × سال	19	147.98ns	2.33**	4.11**
Y × L × G	سال × مکان × ژنوتیپ	19	243.07	2.55	4.00
Error	خطا	228	133.41	1.28	2.00
CV. (%)	درصد ضریب تغییرات		17.61	8.02	20.8

ns، * و **: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

ns, * and **: Not significant, significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

عملکرد ریشه

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد، عملکرد ریشه با واریانس ۹۶۳/۸۳ در ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود و لذا اختلاف معنی‌داری از نظر عملکرد ریشه در بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی وجود داشت (جدول ۲). در تحقیقی توسط سالاریان و همکاران (Salarian *et al.*, 2011)، چهارده رقم مونوژرم و مولتی‌ژرم مقاوم به ریزومانیا به همراه یک شاهد مونوژرم حساس در خاک آلوده به ریزومانیا در مزرعه کارخانه قند فریمان کاشته شدند. نتایج نشان داد که عملکرد ریشه در ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد. عملکرد بیشتر ریشه در واحد سطح، به ویژه برای افزایش محصول قند در هکتار حائز اهمیت است. در تحقیق حاضر، بیشترین مقدار عملکرد ریشه مربوط به هیبریدهای S1-88239 × (I13 × A37.1)، S1-88239 × (276-3.27 × SB36)، S1-88239 × (276-37.34 × SB36) و Aras 101 به ترتیب معادل ۸۱/۸۶، ۷۸/۴۵، ۷۷/۲۸ و ۷۲/۶۱ تن در هکتار بود. از طرفی

کمترین مقدار عملکرد ریشه، در رقم شاهد C-89 معادل ۴۹/۵۳ تن در هکتار حاصل شد، به طوری که اختلاف بیشترین و کمترین مقدار عملکرد ریشه، ۳۲/۳۳ تن در هکتار بود (جدول ۳). برتری هیبرید (I13 × A37.1) × S1-88239 نسبت به رقم جام طی دو سال، ناشی از پتانسیل تولید عملکرد ریشه بیشتر این هیبرید بود. در تحقیقی توسط رادیووجویک و همکاران (Radivojevic *et al.*, 2006)، ۲۱ رقم چغندرقند در دو مزرعه به ترتیب به شدت آلوده به ریزومانیا و عاری از بیماری کاشته شدند. میانگین عملکرد ریشه در منطقه آلوده به بیماری ۷۲/۴۶ تن در هکتار و برای شاهد آزمایش ۱۲ تن در هکتار بود. میانگین عملکرد ریشه در منطقه عاری از بیماری ۱۱۴/۴۰ تن در هکتار و برای شاهد آزمایش ۱۱۰/۶۹ تن در هکتار بود. در مطالعه‌ای دیگر، رضایی و همکاران (Rezaei *et al.*, 2014) میزان رشد ساقه و ریشه چهار رقم چغندرقند مقاوم و حساس به ریزومانیا را در دو سال اندازه‌گیری کردند. نتایج نشان داد که کاهش عملکرد گیاهان در خاک آلوده به دلیل پایین بودن میزان تثبیت دی‌اکسیدکربن بود. همچنین ریشه ذخیره‌ای ارقام حساس به صورت نکروزه با تعداد زیادی ریشه چه کوچک و با وزن کم در آمد. در صورتی که این علائم در ریشه‌های ارقام مقاوم مشاهده نشد. کلاور و همکاران (Clover *et al.*, 1999) کاهش رشد گیاهان را به دلیل کاهش میزان فتوسنتز خالص و کاهش جذب نور توسط برگ‌های زرد شده دانستند.

درصد عیار قند

نتایج نشان داد که درصد عیار قند در سطح احتمال ۱٪ در ژنوتیپ‌های مورد مطالعه معنی‌دار است (جدول ۲) که با نتایج سالاریان و همکاران (Salarian *et al.*, 2011) مطابقت داشت. از نظر عیار قند، بیشتر تیمارها نزدیک به هم بوده و همان‌طور که در جدول مقایسه میانگین‌ها ملاحظه می‌شود، شاهد مقاوم Aras 101 با ۱۵/۸۲ بیشترین میزان عیارقند را داشت و هیبرید SHR02-P.4)-90) کمترین درصد قند (۱۲/۷۷) را دارا بود (جدول ۳). دامنه عیار قند این آزمایش از نتایج سالاریان و همکاران (Salarian *et al.*, 2011) با دامنه ۱۸/۸۱–۱۵/۳۹ درصد کمتر بود و با نتایج رادیووجویک و همکاران (Radivojevic *et al.*, 2006) با دامنه ۱۵/۳۶–۱۰/۹۱ درصد (در خاک‌های آلوده) مطابقت داشت.

عملکرد شکر سفید

مقدار عملکرد شکر سفید به عنوان عملکرد اقتصادی زراعت چغندرقند، مهم ترین صفت در رابطه با چغندرقند و مبنای مقایسه چگونگی تأثیر تیمارهای اعمال شده در تحقیقات این محصول محسوب می‌شود (Yousef Abadi and Abdollahian-Noghabi, 2011)

جدول ۳- مقایسه میانگین صفات کمی و کیفی هیبریدهای چغندر قند در دو منطقه کرج و مشهد در سال‌های ۱۳۹۰ و ۱۳۹۱

Table 3. Mean comparison of different quantitative and qualitative traits of sugar beet hybrids in Karaj and Mashhad in 2011 and 2012

شماره هیبرید Hybrid no.	هیبرید Hybrid	عملکرد ریشه Root yield ($t ha^{-1}$)	درصد عیار قند Sugar content (%)	عملکرد شکرسفید White sugar yield ($t ha^{-1}$)
1	(I13 × A37.1) × S1-88125	64.91cdef	14.25bc	6.63de
2	(276-3.27 × SB36) × S1-88125	68.82bcde	14.36b	7.35bcd
3	(276-37.34 × SB36) × S1-88125	62.03def	14.63b	6.80de
4	(I13 × A37.1) × S1-88239	81.86a	14.37b	8.51abc
5	(276-3.27 × SB36) × S1-88239	78.45ab	14.49b	8.88ab
6	(276-37.34 × SB36) × S1-88239	77.28ab	14.63b	8.44abc
7	(I13 × A37.1) × B8662	61.41def	13.04cd	5.30ef
8	(276-3.27 × SB36) × B8662	66.78cdef	14.25bc	6.94cde
9	(276-37.34 × SB36) × B8662	59.22ef	14.23bc	6.33def
10	(I13 × A37.1) × FC703	62.18def	14.17bc	6.51de
11	(276-3.27 × SB36) × FC703	63.09cdef	14.03bcd	6.45def
12	(276-37.34 × SB36) × FC703	62.01def	14.03bcd	6.25def
13	(I13 × A37.1) × FC709	57.69fg	13.97bcd	5.88def
14	(276-3.27 × SB36) × FC709	66.42cdef	13.71bcd	6.52de
15	(276-37.34 × SB36) × FC709	60.67ef	14.09bc	6.38def
16	(SHR01-P.12)-90	65.34cdef	13.61bcd	6.11def
17	(SHR02-P.4)-90	71.64bcd	12.77d	6.61de
18	Jaam-89	59.87ef	14.51b	6.32def
19	IC-89	49.53g	13.38bcd	4.74f
20	Aras 101	72.61abc	15.82a	9.30a

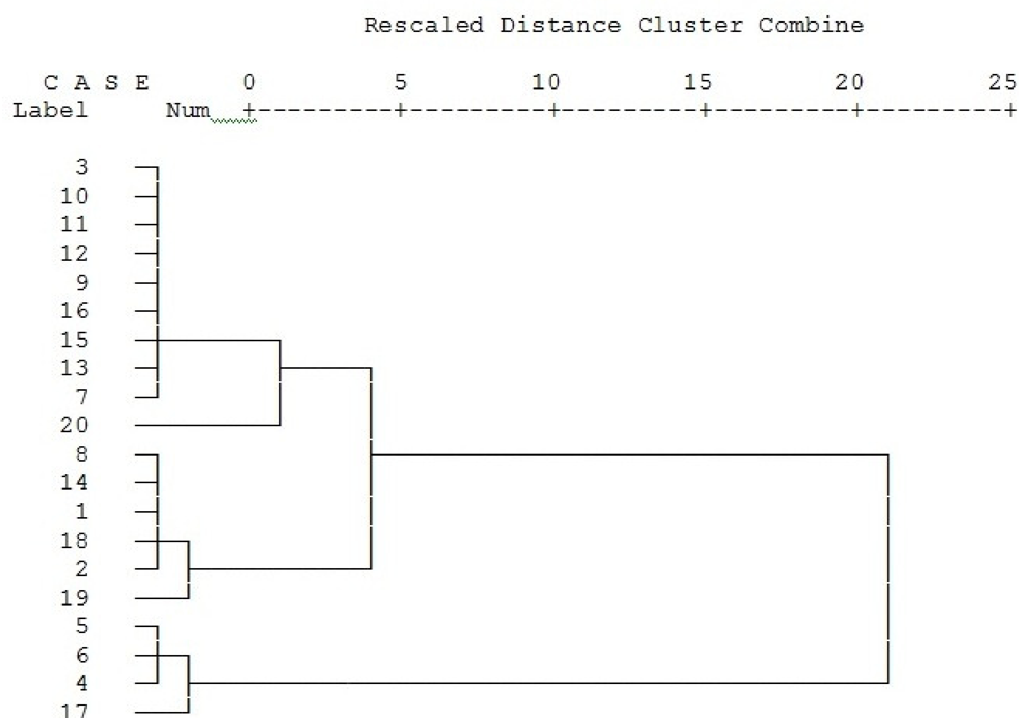
میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون اختلاف معنی‌داری در سطح پنج درصد ندارند.

Means within each column followed by similar letters are not significantly different at 5% probability level.

که حاصل ضرب درصد قند قابل استحصال در عملکرد ریشه است. تجزیه واریانس داده‌های این صفت نشان داد که اختلاف معنی‌داری از نظر عملکرد شکر سفید در ژنوتیپ‌های مورد مطالعه وجود داشت و واریانس آن (۲۱/۵۷) در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). همان طور که جدول مقایسه میانگین‌ها نشان می‌دهد هیبریدهای (276-3.27 × SB36) × S1-88239، (I13 × A37.1) × S1-88239 و (276-37.34 × SB36) × S1-88239 به ترتیب با ۸/۸۸، ۸/۵۱ و ۸/۴۴ تن در هکتار عملکرد شکر سفید با شاهد مقاوم Aras 101 (۹/۳۰ تن در هکتار) در یک سطح آماری قرار گرفتند. در همین راستا، رادیووجویک و همکاران (Radivojevic *et al.*, 2006) میانگین عملکرد شکر سفید برای ارقام چغندرقند در زمین آلوده به بیماری ریزومانیا و عاری از آلودگی را به ترتیب ۷/۸۳۴ و ۱۵/۶۸۶ تن در هکتار گزارش کردند.

یکی از روش‌های آماری که برای گروه‌بندی تعداد زیادی از افراد یا ژنوتیپ‌ها بر اساس مجموعه‌ای از صفات اندازه‌گیری شده مورد استفاده قرار می‌گیرد تجزیه خوشه‌ای چند متغیره است. بر این اساس، شناسایی افراد مشابه یا افرادی که حداکثر صفات مطلوب را دارا هستند برای پی بردن به شباهت‌ها و انتخاب افراد برتر است، به‌طوری که افرادی که دارای شباهت بیشتری هستند در یک گروه قرار می‌گیرند (Farshadfar, 1998). لذا بر اساس

نتایج تجزیه خوشه‌ای چند متغیره برمبنای میانگین صفات عملکردی و کیفیت (عملکرد ریشه، عملکرد شکر و عیار قند) تمامی هیبریدهای مورد بررسی در این آزمایش با توجه به محاسبه ضریب فاصله اقلیدسی در چهار خوشه دسته‌بندی شدند (شکل ۱).



شکل ۱- تجزیه خوشه‌ای برمبنای میانگین صفات عملکرد کمی و کیفی هیبریدهای چغندرقند در دو منطقه کرج و مشهد در سال‌های ۱۳۹۰ و ۱۳۹۱

Fig.1. Cluster analysis based on yield and qualitative traits of sugar beet hybrids in Karaj and Mashhad in 2011and 2012

For name of hybrids see Table 3. برای نام هیبریدها به جدول ۳ مراجعه کنید.

نتایج نشان داد هیبریدهای برتر (شماره ۴، ۵ و ۶) در یک خوشه جداگانه و هیبریدهای شماره ۱، ۲، ۸ و ۱۴ به همراه شاهد Jaam-89 نیز که از نظر صفات عملکردی و کیفی از وضعیت مطلوبی برخوردار بودند، در گروه‌های دیگری قرار گرفتند (شکل ۱).

نتایج ارزیابی بیماری نیز نشان داد که در میان سه هیبرید فوق، هیبرید (276-3.27 × SB36) × S1-88239 با نمره آلودگی ۳/۰ نسبت به دو هیبرید [(I13 × A37.1) × S1-88239] و [(276-37.34 × SB36) × S1-88239] دیگر با نمره آلودگی ۴/۱۳ مقاوم‌ترین هیبرید بود (جدول ۴). از آن‌جایی که وسعت آلودگی

مزارع به ریزومانیا در مناطق چغندرکاری استان‌های فارس، خراسان رضوی، اصفهان وآذربایجان غربی رو به افزایش است، برای کاهش خسارت بیماری استفاده از ارقام مقاوم توصیه می‌شود (Vahedi *et al*., 2008).

هیبریدهای تهیه شده در مزرعه با سابقه

جدول ۴- میانگین نمره بیماری ریزومانیا برای هیبریدهای چغندرقند
Table 4. Mean of rhizomania disease score for sugar beet hybrids

شماره هیبرید Hybrid no.	هیبرید Hybrid	نمره بیماری Disease score	شماره هیبرید Hybrid no.	هیبرید Hybrid	نمره بیماری Disease score
1	(I13 × A37.1) × S1-88125	4.13	11	(276-3.27 × SB36) × FC703	3.38
2	(276-3.27 × SB36) × S1-88125	3.50	12	(276-37.34 × SB36) × FC703	3.75
3	(276-37.34 × SB36) × S1-88125	3.63	13	(I13 × A37.1) × FC709	3.25
4	(I13 × A37.1) × S1-88239	4.13	14	(276-3.27 × SB36) × FC709	3.25
5	(276-3.27 × SB36) × S1-88239	3.75	15	(276-37.34 × SB36) × FC709	3.75
6	(276-37.34 × SB36) × S1-88239	4.13	16	(SHR01-P.12)-90	3.13
7	(I13 × A37.1) × B8662	3.75	17	(SHR02-P.4)-90	3.63
8	(276-3.27 × SB36) × B8662	3.00	18	Jaam-89	2.38
9	(276-37.34 × SB36) × B8662	4.13	19	IC-89	4.25
10	(I13 × A37.1) × FC703	3.75	20	Aras 101	3.88

برای نمره‌دهی بیماری به جدول ۱ مراجعه شود.

For diseas score see Table 1.

آلودگی بالا به ریزومانیا در استان‌های فارس و خراسان رضوی ارزیابی شدند. این ارزیابی ضمن این که به خوبی تمایز بین ارقام را از این بعد نشان داد، اطلاعات زیادی در خصوص عکس‌العمل آن‌ها به بیماری‌های برگی و خصوصیات دیگر نظیر عملکرد و کیفیت در شرایط آلوده را فراهم کرد. لذا توصیه می شود در چنین پروژه‌هایی که تعداد هیبریدها نسبتاً زیاد است، ارزیابی اولیه در شرایط مزرعه انجام و هیبریدهای منتخب، بر اساس جمیع اطلاعات مزرعه‌ای، توسط آزمون الایزا یا نشانگر مولکولی مورد بررسی دقیق‌تر قرار گیرند. سایر محققین نیز در تحقیقات خود از این روش بهره برده‌اند (Wisler *et al*. 1999). اخیراً نیز تحقیقات نشان داده است که نتایج غربال مزرعه‌ای منابع ژنتیکی مختلف برای مقاومت به ریزومانیا معتبرتر و بهتر از نتایج گلخانه است. دلیل این امر این است که در برخی منابع مقاومت، علی رغم وجود غلظت بالای ویروس در ریشه، عملکرد رقم کمتر تحت تاثیر بیماری قرار می‌گیرد (Rush *et al*., 2006).

در مناطق آلوده به ریزومانیا، تولید اقتصادی شکر به طور مستقیم به میزان مقاومت ارقام به بیماری ریزومانیا بستگی دارد زیرا آلودگی شدید منجر به کاهش عملکرد تا ۹۰ درصد در ارقام حساس می‌شود (Johansson, 1985). در نتیجه، ظهور مجدد تیپ‌های تهاجمی این بیماری در آمریکا و اروپا

سبب افزایش نگرانی شده است (Pferdmenges and Varrelmann, 2009). در حال حاضر استفاده از ارقام مقاوم که باعث تضمین بقای محصول و صنعت چغندرقند مربوطه می‌شود، بهترین راه کار است (Biancardi and Tamada, 2016). روش‌های پیشگیرانه زراعی از قبیل تناوب و کشت زود هنگام قادر به کنترل وقوع بیماری ریزومانیا و شدت آن نیست. برنامه‌های به نژادی طولانی مدت که منتهی به معرفی ارقام مقاوم می‌شود تنها راه اجتناب از کاهش بیشتر عملکرد است (Biancardi *et al.*, 2002). به دست آوردن ژنوتیپ‌های چغندرقند دارای مقاومت ژنتیکی به ریزومانیا مهم‌ترین پیشرفت در اصلاح این گیاه است (Rush *et al.*, 2006). در این مطالعه، نتایج ارزیابی هیبریدهای مولتی‌ژرم به دست آمده طی دو سال متوالی در مناطق آلوده و نرمال حاکی از پتانسیل خوب و امیدبخش بودن آن‌ها بود. با انجام برخی روش‌های به‌نژادی روی پایه‌های پدری و مادری هیبریدهای فوق می‌توان امیدوار به تولید ژنوتیپ‌های مقاوم‌تر و پر محصول بود. هرچند که در حال حاضر نیز تعدادی از هیبریدها در مقام مقایسه با ارقام مقاوم خارجی از شرایط مطلوبی برخوردارند. با توجه به نتایج به دست آمده در دو سال آزمایش مشخص شد که از نظر صفات عملکردی ترکیب پدری والد گرده‌افشان S1-88239 به عنوان یک والد خوب و مناسب می‌تواند در تهیه ارقام مقاوم به ریزومانیا استفاده می‌شود. در تلاقی با ترکیب والد مادری SB36 × 276-3.27 نیز هیبرید با پتانسیل عملکرد بالا تهیه شده است که می‌تواند به عنوان رقم مولتی‌ژرم مقاوم مورد استفاده قرار گیرد.

References

Amiri, R., Moghaddam, M., Mesbah, M., Sadeghian, S. Y., Ghannadha, M. R., and Izadpanah, K. 2003. The inheritance of resistance to Beet necrotic *yellow vein virus* (BNYVV) in *B. vulgaris* sub sp. *maritima*, accession WB42: statistical comparisons with Holly-1-4. Euphytica 132: 363-373.

Anonymous 1987. The 1987 Montreal Protocol on Substances that deplete the ozone layer (as agreed in 1987). UNEP, Montreal, Canada. (http://ozone.unep.org/Ratification_status/montreal_protocol.shtml, ed.).

Asher, M. J. C. 1993. Rhizomania. pp. 311-346. In: Cooke, D. A., and Scott, R. K. (eds.) The Sugar Beet Crop, Science into Practice. Chapman and Hall, London, UK.

Asher, M. J. C., and Kerr, S. 1996. Rhizomania: Progress with resistant

varieties. British Sugar Beet Review 64: 19-22.

Biancardi, E., Lewellen, R.T., DeBiaggi, M., Erichsen, A.W., and Stevanato, P. 2002. The origin of rhizomania resistance in sugar beet. Euphytica 127: 383-397.

Biancardi, E., and Tamada, T. 2016. Rhizomania, Springer, Heidelberg, Germany. 320 pp.

Canova, A. 1959. On the pathology of sugar beet. Informative Fitopatology 9: 390-396.

Clark, M. F., and Adams, A. N. 1977. Characteristics of the microplate method of enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) for the detection of plant viruses. Journal of General Virology 34: 475-483.

Clover, G.R.G., Azam-Ali, S.N., Jaggard, K.W., and Smith, G. 1999. The effects of *Beet yellows virus* on the growth and physiology of sugar beet (*Beta vulgaris*). Plant Pathology 48: 129-138.

Draycott, A. P. 2006. Sugar Beet. Blackwell Publishing, Ltd, Oxford, UK.

Farshadfar, E. 1998. Application of Quantitative Genetics in Plant Breeding. Razi University Press, Kermanshah, Iran, 726 pp. (in Persian).

Harveson, R., and Rush, C. M. 2002. The influence of irrigation frequency and cultivar blends on the severity of multiple root diseases in sugar beets. Plant Disease 86: 901-908.

Johansson, E. 1985. Rhizomania in sugar beet – a threat to beet growing that can be overcome by plant breeding. Sveriges Utsädesförenings Tidskrift 95: 115-121.

Johnson, K. B. 1991. Methods for measurement of crop losses caused by soilborne fungal pathogens, pp. 236-242. In: Curl., E., Johnson, L., and Rush., C. (eds.) Methods for Research on Soilborne Phytopathogenic Fungi. American Phytopathological Society, St. Paul, Minnesota, USA.

Liu, H. Y., Sears, J. L., and Lewellen, R. T. 2005. Occurrence of resistance-breaking *Beet necrotic yellow vein virus* of sugarbeet. Plant Disease 89: 464-468.

Luterbacher, **M. C., Asher, M. J. C., Beyer, W., Mandolino, G., Scholten, O. E., Frese, L., Biancardi, E., Stevanato, P., Mechelke, W., and Slyvchenko, O. 2005.** Sources of resistance to diseases of sugar beet in related Beta

germplasm: soil borne diseases. Euphytica 141: 49-63.

Norouzi, P., Mahmoudi, S. B., Aghaeezadeh, M., Kakoueinejad, M., Orazizadeh, M. R., Vahedi, S., and Fathi, M. R. 2010. Repitability of a molecular marker linked with rhizomania resistance gene in sugar beet. Journal of Crop Breeding 8: 30-42 (in Persian).

Pferdmenges, F., and Varrelmann, M. 2009. Breaking of *Beet necrotic yellow vein virus* resistance in sugar beet is independent of virus and vector inoculum densities. European Journal of Plant Pathology 124: 231-245.

Putz, C., Merdinoglu, D., Lemaire, O., Stocky, G., Valentin, P., and Wiedemann, S. 1990. *Beet necrotic yellow veine virus*, causal agent of sugar beet rhizomania. Disease profile. Review of Plant Pathology 69: 247-253.

Radivojevic, S. D. J., Dosenovic, I. S., Kabic, D. R., Gyura, J. F., Rozic, R. B., and Sabados, V. V. 2006. Variation in the yield of root, sugar and the quality of sugar beet depending on variety and soil infestation with rhizomania. Proceedings for Natural Sciences / Matica Srpska Matica Srpska (Novi Sad, Serbia) 110: 91-102.

Rezaei, J., Bannayan, M., Nezami, A., Mehrvar, M., and Mahmoodi, S. B. 2014. Growth analysis of rhizomania infected and healthy sugar beet. Journal of Crop Science and Biotechnology 17: 59-69.

Rush, C. M., Liu, H. Y., Lewellen, R. T., and Acosta-Leal, R. 2006. The continuing saga of rhizomania of sugar beets in the United State. Plant Disease 90: 4-15.

Salarian, A., Amini Dehaghi, M., and Ahmadi, J. 2011. The quantitative and qualitative properties of some resistant cultivars of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) to Rhizomania disease. Journal of Agronomy Sciences 5: 63-72.

Tamada, T., and Baba, T. 1973. *Beet necrotic yellow vein virus* from rhizomania-affected sugar beet in Japan. Annals of the Phytopathological Society of Japan 39: 325-332.

Tuitert, G., Musters-van Oorschot, P.M.S., and Hiejbroek, W. 1994. Effect of sugar beet cultivars with different levels of resistance to *Beet necrotic yellow vein virus* on transmission of virus by *Polymyxa betae*. European Journal of Plant Pathology 100: 201-220.

Vahedi, S., Soltani, J., Mahdikhani, P., and Mahmoudi, S. B., 2008. Evaluation of sugar beet lines to cyst nematode. Proceedings of the 18th Iranian Plant Protection Congress. Bu Ali Sina University, Hamedan, Iran (in Persian).

Wisler, G. C., Lewellen, R. T., Sears, J. L., Liu, H.Y., and Duffus, J. E. 1999. Specificity of TAS-ELISA for *Beet necrotic yellow vein virus* and its application for determining rhizomania resistance in field grown sugar beets. Plant Disease 83: 864-870.

Yousef Abadi, V., and Abdollahian-Noghabi, M. 2011. Effect of split application of nitrogen fertilizer and harvest time on the root yield and quality characteristics of sugar beet. Iranian Journal of Crop Sciences 13: 521-532 (in Persian).